

- 1 -

Lichtkoppелеlement

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Lichtkoppелеlement mit einer Oberfläche aus einem Material, welches für Licht einer gegebenen Wellenlänge transparent ist, wobei in
5 mindestens einem Bereich der Oberfläche ein Liniengitter vorhanden ist mit äquidistant parallelen, linienförmigen Einformungen oder mit äquidistant parallelen, linienförmigen Ausformungen.

Die vorliegende Erfindung geht dabei primär von
10 Erkenntnissen aus, die sich an Lichtkoppелеlementen der genannten Art zum Nachweis chemischer oder biochemischer Reaktionen anhand von Fluoreszenz ergeben haben. Diesbezüglich wird insbesondere auf die WO 01/02839 verwiesen, worin im Rahmen einer Analyseplattform ein
15 derartiges Lichtkoppелеlement beschrieben ist. Es wird ein Effekt, bekannt als „abnormale Reflexion“ ausgenützt. Dabei wird ein mit einer Schicht versehener Träger vorgesehen. Vorzugsweise ist dieser Träger und auch die Schicht für
20 Licht gegebener Wellenlänge λ im UV- VIS oder NIR-Bereich (200 nm bis 2000nm) einer Lichtquelle vorzugsweise einer zumindest angenähert monochromatischen Lichtquelle, wie zum Beispiel eines Lasers oder einer LED transparent. Im Falle dielektrischer Materialien hat das Material der Schicht einen wesentlich höheren Brechungsindex als das Material
25 des Trägers, betrachtet bei der gegebenen Wellenlänge. Die Oberfläche des Trägers, worauf die Schicht aufliegt, hat ein Liniengitter, dessen Struktur sich über die dünne Schicht an die Oberfläche der Schicht überträgt. Beim

P200620

- 2 -

ausgenützten "abnormalen Reflexionseffekt" wird Licht der gegebenen Wellenlänge bei Einhalt eines bestimmten Einfallswinkels praktisch vollständig reflektiert und praktisch kein Licht entlang der Schicht bzw. durch die Schicht transmittiert. Bei geeigneter Wahl der Strukturparameter wird das evaneszente, d.h. quergedämpfte, elektromagnetische Feld in der unmittelbaren Umgebung der Schichtoberfläche besonders stark, wodurch Fluoreszenzmoleküle in diesem Bereich besonders effizient angeregt werden. Dies ermöglicht wesentlich kleinere Konzentrationen von mit sogenannten Fluoreszenz-Labels versehenen Substanzen an der Schichtoberfläche zu analysierender Proben zu detektieren, als dies mit bezüglich dieser Schrift vorbekannten Methoden möglich war.

Das vorhandene Liniengitter bzw. die an beiden Grenzflächen Trägersubstrat/Schicht und Schicht/Umgebungsatmosphäre vorhandenen, in Aufsicht deckend ausgerichteten Liniengitter sind dabei in dem Sinne gerichtet, als sich die linienförmigen Einformungen und dazwischen sich ergebenden Ausformungen wellenartig in einer Richtung ausdehnen. Das mit den Liniengittern versehene Lichtkoppellement dehnt sich, als Struktur-Welle betrachtet, eindimensional senkrecht zu den linienförmigen Einformungen bzw. dazwischenliegenden Ausformungen aus.

Diese Gerichtetheit berücksichtigend, wird gemäss der in dieser Schrift detailliert beschriebenen Vorgehensweise, Laserlicht der erwähnten, gegebenen Wellenlänge erst mittels eines Polarisators in eine bestimmte Richtung

- 3 -

polarisiert, bevor die Plattform mit dem Lichtkoppellement damit beaufschlagt wird.

Betrachtet man Lichtkoppellemente für andere optische Analysemethoden oder zu nachrichtentechnischen Zwecken, also beispielsweise zum Ein- und Auskoppeln von Laserlicht in wellenleitende Schichten, so fällt auch dort auf, dass die vorgesehenen Liniengitter im genannten Sinne eindimensional gerichtet sind, d.h. die vorgesehenen linienförmigen Einformungen und dazwischen gebildeten Ausformungen breiten sich in einer Richtung entlang der Oberfläche aus. Aufgrund dieser Gerichtetheit werden grundsätzlich vektorielle Grössen des dem Lichtkoppellement zugeführten Lichtes räumlich gewichtet und je nach ihrer Richtung unterschiedlich durch das Lichtkoppellement beeinflusst. Typischerweise wird beim Vorgehen gemäss der genannten WO 01/02839 das beaufschlagende Licht in Abhängigkeit von seiner Polarisierungsrichtung am Lichtkoppellement unterschiedlich beeinflusst.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Lichtkoppellement eingangs genannter Art zu schaffen, welches grundsätzlich auf vektorielle Grössen des beaufschlagenden Lichtes, wie insbesondere auf dessen Polarisierung, vermehrt unabhängig von der Vektorrichtung einwirkt.

Dies wird an einem Lichtkoppellement obgenannter Art, welches in mindestens einem Bereich der Oberfläche äquidistant parallele, linienförmige Einformungen hat,

P200620

- 4 -

dadurch erreicht, dass an der Oberfläche weitere äquidistant parallele, linienförmige Einformungen vorhanden sind, die die ersterwähnten kreuzen.

- Alternativ wird dies an einem Lichtkoppелеlement
- 5 obgenannter Art, bei welchem in mindestens einem Bereich der Oberfläche äquidistant parallele, linienförmige Ausformungen vorhanden sind, dadurch erreicht, dass an der genannten Oberfläche weitere äquidistant parallele, linienförmige Ausformungen vorhanden sind, die die
- 10 ersterwähnten Ausformungen kreuzen.

- Die Periodizität der vorbekannten wie auch der erfindungsgemässen Gitter, d.h. der Folgeabstand der erwähnten Einformungen oder Ausformungen, ist in Funktion der gegebenen Wellenlänge des Lichtes, welches bei
- 15 zweckentsprechendem Einsatz des Lichtkoppелеlementes eingesetzt werden soll, ausgelegt.

- Folgerichtig schlägt deshalb sowohl die WO 01/02839 wie auch die WO 00/75644 vor, dann, wenn das Lichtkoppелеlement mit Licht von zwei Wellenlängen eingesetzt werden soll,
- 20 dieses wohl mit parallelen Einformungen bzw. Ausformungen, aber nicht mit äquidistanten auszubilden, d.h. mit örtlich modulierter Gitterperiode oder mit sich kreuzenden Liniengittern, deren eines mit einer ersten Periode für Licht der einen Wellenlänge optimiert ist, und woran das
- 25 zweite Liniengitter, optimiert für eine zweite Wellenlänge, mit einer von der ersten abweichenden Periode realisiert ist.

- 5 -

Weiterhin werden dabei aber vektorielle Grössen des Lichtes einer der erwähnten Wellenlängen am Lichtkoppellement in Funktion der Vektorrichtung unterschiedlich gewichtet behandelt, wie insbesondere abhängig von dessen

5 Polarisationsrichtung.

Beim erfindungsgemässen Lichtkoppellement, bei welchem sich äquidistant parallele, linienförmige Einformungen kreuzen, entstehen, von den erwähnten Einformungen berandet, dazwischenliegende Ausformungsinseln. Analog
10 ergeben sich beim Lichtkoppellement obgenannter Art, bei welchem sich äquidistant parallele, linienförmige Ausformungen kreuzen, dazwischenliegende Einformungsinseln.

Im Zusammenhang mit dem Vorsehen von Erhebungsstrukturen kann im weiteren auf die EP 1 040 874 verwiesen werden.

15 Darin wird nämlich vorgeschlagen, zur gezielten Beeinflussung der Benetzbarkeit von Oberflächen für die optische Analysetechnik, Oberflächenbereiche, die nicht benetzt werden sollen, mit Ausformungsstrukturen auszubilden, deren Höhe ein bestimmtes Minimalmass nicht
20 unterschreitet, nämlich von 50 nm bis 10 μm , derart, dass mit solchen Strukturen versehene Bereiche im Zusammenhang mit der Oberflächenenergie des unstrukturierten Oberflächenmaterials, eine Benetzung verhindert und sich diese in nicht strukturierten Oberflächenbereichen
25 konzentriert. Obwohl es sich bei den wie erwähnt strukturierten Bereichen gemäss der EP 1 040 874 gerade nicht um Lichtkoppelbereiche handelt - sollen doch Proben dort gerade nicht vorhanden sein - und die beschriebenen Erhebungsstrukturen keine Kriterien bezüglich optischer

P200620

- 6 -

Wirkung erfüllen müssen, wird doch auch gemäss vorliegender Erfindung und wie noch zu beschreiben sein wird das mit der Oberflächenenergie von Oberflächenbereichen im Zusammenhang stehende Gebiet der Oberflächenbenetzbarkeit angesprochen werden.

Wie erwähnt sind aus der erwähnten EP 1 040 874 die Gesetzmässigkeiten bekannt, mit hydrophob strukturierten Oberflächen nicht zu benetzenden Bereiche an einer Oberfläche zu definieren und damit auch die zu benetzenden. Beim Vorgehen gemäss vorliegender Erfindung werden zusätzlich zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe nun auch folgende Vorteile in diesem Zusammenhang erwirkt:

Die Oberflächenenergie einer Grenzfläche zu einer Flüssigkeit ist proportional zu der in einem definierten Aufsichtsbereich vorhandenen Oberfläche. Ist die Oberfläche im genannten Bereich plan, dann ist diese Oberfläche, als spezifische Oberfläche bezeichnbar, weit kleiner, als wenn im nämlichen Aufsichtsbereich die Oberfläche aufgeraut ist. Wird auf einem solchen Oberflächenbereich ein Flüssigkeitstropfen abgelegt, so dehnt er sich auf diesem Bereich so aus, dass ein Energieminimum erreicht wird. Pragmatisch heisst dies, dass sich ein Flüssigkeitstropfen auf dem genannten Bereich mit zunehmender spezifischer Oberfläche mehr und mehr zusammenzieht, bis hin zu dem gemäss der EP 1 040 874 ausgenützten Effekt, dass nämlich die Flüssigkeit vom betrachteten Bereich abtropft.

Es wird beim Lichtkoppелеlement gemäss vorliegender Erfindung, im betrachteten Bereich, die spezifische

P200620

- 7 -

Oberfläche, verglichen mit Vorsehen lediglich eines Liniengitters, vergrössert, aber nur soweit, dass sich wohl ein darauf abgelegter Tropfen zusammenzieht, nicht aber abtropft. Beim oben erwähnten, bevorzugten Einsatz des 5 erfindungsgemässen Lichtkoppellementes zur Erzeugung evaneszenter, d.h. quergedämpfter elektromagnetischer Felder im Rahmen einer Technik, wie sie beispielsweise aus der WP 01/02839 vorbekannt ist, ergibt sich dadurch eine erhöhte Konzentration einer aufgetragenen, mit Label 10 versehenen Flüssigsubstanz auf der Oberfläche, was wiederum das resultierende auslesbare Fluoreszenzsignal erhöht und zudem den Vorteil mit sich bringt, dass im betrachteten Bereich eine Mehrzahl, ja Vielzahl, einzelner Flüssigtropfen abgelegt werden kann, ohne dass diese 15 ineinander flössen.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Lichtkoppellementes wird vorgeschlagen, Einformungen mit drei Tiefen-Niveaus vorzusehen.

Durch Tiefenstaffelung der Einformungen wird ein 20 zusätzlicher Parameter geschaffen, die Grösse der genannten spezifischen Oberfläche zu variieren.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass auch einspringende Seitenflächenpartien der erwähnten Einformungen die erwähnte spezifische Oberfläche mitbestimmen, und dass 25 tiefere Einformungen die erwähnte spezifische Oberfläche mehr vergrössern als weniger tiefe Einformungen.

- 8 -

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemässen Lichtkoppel-elementes sind die Einformungen im wesentlichen überall gleich tief.

Obwohl die erfindungsgemäss vorgesehenen äquidistant parallelen, linienförmigen Einformungen oder Ausformungen sich beispielsweise bogenförmig entlang des betrachteten Bereiches erstrecken können, wird in weitaus bevorzugter Ausführungsform des erfindungsgemässen Lichtkoppel-elementes vorgeschlagen, die linienförmigen Einformungen bzw. Ausformungen linear vorzusehen.

Gemäss dem grundlegenden Aspekt der vorliegenden Erfindung können sich die erwähnten linienförmigen Einformungen bzw. Ausformungen durchaus schiefwinklig kreuzen, und trotzdem wird die eingangs gestellte Aufgabe gelöst. Licht einer gegebenen Wellenlänge wird an einem betrachteten Liniengitter, in Funktion u.a. der Gittertiefe, der Gitterperiode und innerhalb einer solchen Periode, des Duty Cycles von Einformungen und Ausformung beeinflusst. Somit ist es durchaus möglich, vektorielle Grössen des betrachteten Lichtes, wie insbesondere dessen Polarisationsrichtungen, am erfindungsgemässen Lichtkoppel-element mindestens genähert gleich zu behandeln, wenn bei schiefwinklig sich kreuzenden, linienförmigen Einformungen bzw. Ausformungen diese Schiefwinkligkeit durch entsprechend unterschiedliche Auslegung der erwähnten Parameter, nämlich Gittertiefe, Gitterperiode und Duty Cycle, an den sich kreuzenden Mustern kompensiert wird. Auch so kann z.B. eine weitgehendst polarisationsrichtungsunabhängige Beeinflussung des Lichtes

durch das Lichtkoppелеlement erzielt werden. In einer weitaus bevorzugten Ausführungsform kreuzen sich die linienförmigen Einformungen bzw. die linienförmigen Ausformungen rechtwinklig. Weiter sind dann die Abstände der sich folgenden äquidistant parallelen linienförmigen Einformungen bzw. Ausformungen gleich. Bezogen auf die gegebene Wellenlänge λ , bevorzugt zwischen 20 nm und 2000 nm, werden (an Luft) bevorzugterweise folgende Dimensionierungsvorschriften befolgt:

- 10 Gitterperiode, definiert als Abstand sich folgender linienförmiger Einformungen bzw. Ausformungen:

$$0.1\lambda \leq d_0 \leq 10\lambda$$

$$\text{bevorzugt: } 0.2\lambda \leq d_0 \leq 2\lambda$$

$$\text{besonders bevorzugt: } 0.5\lambda \leq d_0 \leq 0.6\lambda$$

- 15 Gittertiefe, definiert als Tiefe zwischen linienförmigen Ausformungen bzw. von linienförmigen Einformungen:

$$0.001\lambda \leq d_T \leq 10\lambda$$

$$\text{bevorzugt: } 0.01\lambda \leq d_T \leq \lambda$$

$$\text{besonders bevorzugt: } 0.05\lambda \leq d_T \leq 0.2\lambda$$

- 20 Dabei ergeben sich folgende absolute Dimensionen:

Die Abstände der vorgesehenen linienförmigen Einformungen bzw. Ausformungen, d_0 , betragen bevorzugterweise 20 nm bis 20000 nm, besonders bevorzugt 40 nm bis 4000 nm, insbesondere bevorzugt zwischen 100 nm und 1200 nm.

- 10 -

Die Tiefe d_T der vorhandenen Einformungen beträgt dabei bevorzugterweise 0,2 nm bis 20000 nm, besonders bevorzugt zwischen 2 nm und 2000 nm, insbesondere zwischen 10 nm und 400 nm.

- 5 Als Duty Cycle, definiert als Verhältnis von Ausformungsbreite d_f zu Abstand sich folgender linienförmiger Einformungen, wird bevorzugterweise ein Bereich von 0,2 bis 0,8, insbesondere bevorzugt von 0,4 bis 0,6 gewählt.

- 10 In einer weiteren bevorzugten Realisationsform des erfindungsgemässen Lichtkoppel-elementes handelt es sich bei der erwähnten Oberfläche um diejenige einer Schicht, welche auf einem Trägers aufgebracht ist. Insbesondere mit Blick auf eine bevorzugte Anwendung des erfindungsgemässen Lichtkoppel-elementes, nämlich im Rahmen von
- 15 Fluoreszenzmarker-Messverfahren mittels evaneszenter, quergedämpfter elektromagnetischer Felder, insbesondere wie in der WO 00/75644 beschrieben, wird vorgeschlagen, dass die Oberfläche des Trägers im erwähnten Bereich die gleiche Einformungs/Ausformungs-Struktur hat wie die Oberfläche der
- 20 Schicht und, in Aufsicht, die Strukturen aufeinander ausgerichtet sind.

- 25 Dabei hat das Material des Trägers einen Brechungsindex für das Licht der gegebenen Wellenlänge, der tiefer ist als der Brechungsindex des Schichtmaterials.

Die Schicht aus mindestens einem hochbrechenden Material besteht bevorzugterweise mindestens aus einem der Materialien Ta_2O_5 , TiO_2 , NbO_5 , ZrO_2 , ZnO oder HfO_2 und hat

P200620

- 11 -

dabei bevorzugterweise eine Dicke, bezogen auf die gegebene Wellenlänge λ an Luft von:

Schichtdicke: $0.01\lambda \leq d_s \leq 10\lambda$

bevorzugt: $0.1\lambda \leq d_s \leq 2\lambda$

5 besonders bevorzugt: $0.2\lambda \leq d_s \leq 0.3\lambda$

Die absolute Dicke ist somit bevorzugterweise:

$2 \text{ nm} \leq d_s \leq 20000$

bevorzugt

$20 \text{ nm} \leq d_s \leq 4000 \text{ nm}$

10 besonders bevorzugt

$40 \text{ nm} \leq d_s \leq 600 \text{ nm}$.

Bei der Verwendung des Lichtkoppелеlementes für biochemische Anwendungen kann eine vom hochbrechenden Material abweichende chemische Zusammensetzung an der Oberfläche von Vorteil sein. (Z.b. wenn eine auf der Struktur zu applizierende Chemie zur Haftung auf SiO_2 optimiert wurde, ist es möglich eine sehr dünne und damit optisch nicht oder nicht nachteilig wirksame SiO_2 Schicht auf die hochbrechende Schicht zu applizieren.) Dies kann erreicht werden, indem eine zusätzliche dünne Schicht bevorzugt der Dicke d mit $0.001\lambda \leq d \leq 0.2\lambda$, vorzugsweise $0.01\lambda \leq d \leq 0.05\lambda$ eines weiteren Materiales, bevorzugterweise von SiO_2 , aufgebracht wird. Die absolute

Dicke d dieser zusätzlichen Schicht beträgt dabei somit, bei bevorzugtem λ zwischen 200 nm und 2000 nm, bevorzugt:

$$0,2 \text{ nm} \leq d \leq 400 \text{ nm}$$

vorzugsweise

5 $2 \text{ nm} \leq d \leq 100 \text{ nm}.$

Die Erfindung wird anschliessend beispielsweise anhand von Figuren erläutert. Diese zeigen:

- 10 Fig. 1 schematisch und in Aufsicht, ein Lichtkoppellement bekannter Art mit eindimensionalem Liniengitter;
- Fig. 2 in einer Darstellung analog zu derjenigen von Fig. 1, in Aufsicht und mit zwei Schnittdarstellungen, eine erste, bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lichtkoppellementes;
- 15 Fig. 3 in einer Aufsichtsdarstellung analog zu derjenigen von Fig. 2, eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lichtkoppellementes;

Fig. 4(a) und 4(b)

20 Schematisch die Auswirkungen der Oberflächenstrukturierung für die Formung eines auf die Oberfläche aufgetragenen Flüssigkeitstropfens;

Fig. 5 anhand einer Aufsichtsdarstellung in Analogie zu den Fig. 2 bzw. 3, ein erfindungsgemässes

- 13 -

Lichtkoppellement mit Einformungen auf drei unterschiedlichen Einformungstiefen-Niveaus;

Fig. 6 eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lichtkoppellementes in schematisch-perspektivischer Darstellung und realisiert gemäss der Ausführungsform von Fig. 2, und

Fig. 7 in einer Darstellung analog zu derjenigen von Fig. 6, ein erfindungsgemässes Lichtkoppellement, realisiert nach der Ausführungsform von Fig. 3.

In Fig. 1 ist, einerseits in Aufsicht, anderseits in einer Seitenansicht, ein Liniengitter vorbekannter Art dargestellt. In die Oberfläche 3 eines für Licht einer gegebenen Wellenlänge transparenten Materials, insbesondere für Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 633\text{nm}$, wie beispielsweise aus Ta_2O_5 , ist ein Liniengitter eingearbeitet. Es besteht aus Einformungen 5, welche zueinander parallel sind, und es sind, soll es mit Licht einer einzigen Wellenlänge λ beaufschlagt werden -

vorzugsweise mit $200\text{ nm} \leq \lambda \leq 2000\text{ nm}$ - die Einformungen 5 äquidistant in dem Sinne, dass ihre Abstände d_0 überall gleich sind, ebenso wie ihre Breite d_1 , und damit die Breite d_1 der zwischen den Einformungen 5 verbleibenden Stege 7. Die Abstände d_0 definieren die Gitterperiode, wie sich ohne weiteres aus der Seitenansicht ergibt, mit dem Duty Cycle des Gitters definiert als Verhältnis der Ausformungsbreite d_1 zur Gitterperiode d_0 .

- 14 -

Auch die Tiefe d_T der Einformungen 5 ist üblicherweise überall gleich. Material der Oberfläche 3 und des Körpers 1, Gitterperiode d_0 , Duty Cycle des Gitters und Gittertiefe d_T werden dabei an die erwünschte Lichtwellenlänge λ angepasst.

Das in Fig. 1 dargestellte, an sich bekannte Liniengitter kann ggf. auch, wie strichpunktiert dargestellt, gebogen sein. Es definiert eine Fortschreitensrichtung LG_1 . Definiert man diese Richtung in der ursprünglichen, nicht mit den Einformungen 7 versehenen Oberflächenebene E mit y, und die Richtung quer dazu, wie dargestellt, mit x, so ist folgendes ersichtlich: Wie schematisch am Lichtbündel 9 dargestellt, werden die Komponenten \bar{E}_x und \bar{E}_y einer vektoriellen Grössen \bar{E} des Lichtes, wie insbesondere dessen Polarisierung, durch das Liniengitter unterschiedlich beeinflusst, d.h. die Wirkung des Liniengitters ist bezüglich solcher vektorieller Grössen des Lichtes von der Vektorrichtung α abhängig. Z.B. ist die Wirkung des Liniengitters nicht unabhängig von der Polarisationsrichtung des Lichtes im Lichtstrahl 9.

Wie bereits eingangs erläutert wurde, ist es vorbekannt, mit Liniengittern des in Fig. 1 dargestellten Typs Licht von zwei und mehr Wellenlängen λ zu behandeln. Zu diesem Zweck wird dabei am Liniengitter die Gitterperiode d_0 nebst ggf. weiteren Grössen in der Fortschreitensrichtung LG_1 moduliert, d.h. örtlich variiert. Das nachfolgend zu beschreibende erfindungsgemässe Lichtkoppellement ist jedoch jedenfalls für eine einzige Lichtwellenlänge λ

optimiert, womit örtlich modulierte Gitterperioden oder Liniengitter mit unterschiedlichen Perioden in einem betrachteten Bereich nicht vorgesehen sind.

In Fig. 2 ist eine erste prinzipielle Ausführungsvariante eines erfindungsgemässen Lichtkoppel-elementes dargestellt. Dabei stellt Fig. 2(a) die Aufsicht dar, Fig. 2(b) eine Querschnittsdarstellung in einer Richtung und Fig. 2(c) eine Querschnittsdarstellung in dazu senkrechter Richtung. In der Oberfläche 3 des Körpers 1 sind äquidistant

10 parallele, linienförmige, erste Einformungen 5_1 eingearbeitet sowie diese unter dem Winkel φ kreuzende, zweite äquidistant parallele, linienförmige Einformungen 5_2 . Die linienförmigen Einformungen 5_1 und 5_2 bilden ein im betrachteten Bereich durchgehendes Einformungsgitter in
15 zwei Dimensionen x und y .

Die ersten linienförmigen Einformungen 5_1 haben eine Breite d_{51} , die zweiten 5_2 eine Breite d_{52} .

Die Abstände sich folgender erster linienförmiger Einformungen 5_1 betragen d_{01} , diejenigen sich folgender, 20 linienförmiger zweiter Einformungen, 5_2 , d_{02} . Diese Abstände definieren die entsprechenden ersten, d_{01} , und zweiten, d_{02} , Gitterperioden.

Durch die linienförmigen Einformungen 5_1 und 5_2 werden Ausformungsinselformen 7 definiert.

25 Der erste Duty Cycle ist definiert durch das Verhältnis $(d_{01} - d_{51})/d_{01}$. Analog ist der zweite Duty Cycle definiert als $(d_{02} - d_{52})/d_{02}$.

- 16 -

Je nach Wahl des Winkels φ sowie Bemessung der jeweiligen Breiten d_{sx} der linienförmigen Einformungen und deren Abstände d_{ox} in Aufsicht gemäss der Darstellung von Fig.

- 2(a) ergeben sich für die verbleibenden Ausformungs-
5 "Inseln" 7 rhomboidförmige, rombusförmige, rechteckige oder quadratische Formen.

Betrachtet man im Zusammenhang mit Fig. 2 das in Fig. 1 schematisch dargestellte Lichtbündel 9 der gegebenen Wellenlänge λ , so ist ersichtlich, dass mit dem

10 erfindungsgemässen Lichtkoppellement, gemäss Fig. 2, beide Vektorkomponenten \bar{E}_x und \bar{E}_y der vektoriellen Lichtgrösse \bar{E} , wie insbesondere deren Polarisierung, gezielt

beeinflusst werden. Bei Schiefwinkligkeit - $\varphi \neq 90^\circ$ - der Lage der sich kreuzenden linienförmigen Einformungen 5₁ und
15 5₂ kann durch Wahl des Verhältnisses der Gitterperioden d_{01} und d_{02} und beispielsweise der jeweiligen Breiten der Einformungen d_{s1} und d_{s2} die Beeinflussung der

Lichtvektorkomponenten entsprechend \bar{E}_x und \bar{E}_y durch das Lichtkoppellement ebenfalls gezielt beeinflusst werden.

- 20 Somit kann auch bei $\varphi \neq 90^\circ$ mit entsprechender Abstimmung der erwähnten Parameter d_{01} , d_{02} , d_{s1} , d_{s2} richtungsunabhängige Wirkung des erfindungsgemässen Lichtkoppellementes auf vektorielle Lichtgrössen \bar{E} erreicht werden.

- 25 Im weiteren ist ohne weiteres ersichtlich, dass die eingangs erwähnte, spezifische Oberfläche, beispielsweise an einem Bereich B₁ der Oberfläche 3 betrachtet, beim erfindungsgemässen Lichtkoppellement wesentlich grösser

- 17 -

ist als an einem Lichtkoppellement bekannter Art, dessen Liniengitter, als Beispiel, in Fig. 1 dargestellt ist.

Bevor anhand von Fig. 4(a) und 4(b) diese Auswirkungen weiter diskutiert werden, soll anhand von Fig. 3, eine Darstellung analog zu Fig. 2(a), eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemässen Lichtkoppellementes dargestellt werden. Bei dieser Ausführungsform sind in der Oberfläche 3 des Körpers 1 äquidistant parallele, erste linienförmige Ausformungen 7_1 vorhanden, welche durch äquidistant parallele zweite linienförmige Ausformungen 7_2 unter dem Winkel ϕ gekreuzt werden. Das so entstehende zweidimensionale Ausformungsgitter berandet bzw. definiert dazwischenliegende Einformungs-"Inseln" 5.

Es sind durch die Ausformungen 7_1 bzw. 7_2 Ausformungsbreiten d_{71} und d_{72} festgelegt sowie entsprechende Gitterperioden d_{01} und d_{02} , beispielsweise entsprechend den Abständen benachbarter paralleler, linienförmiger Ausformungen 7_1 bzw. 7_2 . Hier sind die Duty Cycles definiert durch die Verhältnisse d_{71}/d_{01} bzw. d_{72}/d_{02} .

Bezüglich der Einwirkung des in Fig. 3 dargestellten erfindungsgemässen Lichtkoppellementes auf vektorielle Lichtgrössen gilt das bereits im Zusammenhang mit Fig. 2 erläuterte, ebenso, was die mit dem erfindungsgemässen Lichtkoppellement erwirkte Vergrösserung des spezifischen Oberfläche anbelangt.

Die Auswirkungen einer vergrösserten spezifischen Oberfläche auf eine Tropfenbildung sind in Fig. 4

schematisch dargestellt. In Fig. 4(a) ist schematisch ein Körper 10 mit planer Oberfläche 12 dargestellt. Auf der Oberfläche liegt ein Flüssigkeitstropfen 14. In Fig. 4(b) ist ein Körper 10a dargestellt, mit durch Strukturierung vergrösserter spezifischer Oberfläche 12_a. Wiederum ist ein Flüssigkeitstropfen 14a auf der Oberfläche aufgebracht. Es bezeichnen weiter in beiden Darstellungen E_{as} die Oberflächenenergie zwischen Umgebungsatmosphäre und Oberfläche der Körper 10 bzw. 10a, E_{fs} die Oberflächenenergien an den Grenzflächen zwischen Flüssigkeit der Tropfen 14 bzw. 14a und den Körpern 10 bzw. 10a und schliesslich E_{fa} die Oberflächenenergie an den Grenzflächen zwischen Flüssigkeit der Tropfen 14 bzw. 14a und Umgebungsatmosphäre. Grundsätzlich dehnt sich ein Flüssigkeitstropfen so weit aus, dass die Summe dieser Oberflächenenergien ein Minimum wird. Weil aufgrund der grösseren spezifischen Oberfläche 12a die Oberflächenenergie E_{fs} an der strukturierten Fläche 12a grösser ist als im Falle der planen Oberfläche 12, zieht sich der Tropfen 14a zum Erreichen des erwähnten Energieminimums lateral mehr zusammen als im links dargestellten Fall planer Oberfläche 12.

Dieser Effekt wird auch beim Übergang eines vorbekannten Liniengitters bzw. Lichtkoppel-elementes nach Fig. 1 zu einem erfindungsgemässen gemäss Fig. 2 oder Fig. 3 erzielt: An den gemäss Fig. 2 oder Fig. 3 strukturierten Oberflächen zieht sich ein aufgebrachter Flüssigkeitstropfen mehr zusammen, so dass es insbesondere für optische Analysen von Flüssigproben möglich wird, auf der nach Fig. 2 oder Fig. 3

- 19 -

strukturierten Oberfläche Probentropfen aufzubringen, die sich aufgrund des dargestellten Effektes von benachbarten "abkapseln", was auch ermöglicht, eine wesentlich erhöhte Zahl von Einzeltropfen auf einer gegebenen Ausdehnung der erfindungsgemäss strukturierten Oberfläche aufzubringen als beispielsweise auf einer gemäss Fig. 1 strukturierten, was beispielsweise für die automatisierte, schnelle optische Analyse einer Vielzahl von Proben von hoher Wichtigkeit ist. Die Gefahr, dass einzelne Probentropfen ineinander laufen, ist trotz ihrer engen Applikation, auf der nach Fig. 2 oder Fig. 3 strukturierten Oberfläche in zwei Dimensionen verteilt, wesentlich reduziert.

In einer ersten, bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Lichtkoppellemente nach Fig. 2 ist die Tiefe d_{T1} der Einformungen 5_1 gleich der Tiefe d_{T2} der Einformungen 5_2 .

Bezüglich eines Herstellungsverfahrens für eine wie in Fig. 2 dargestellte Oberflächenstruktur kann beispielsweise vollumfänglich auf die WO 01/55760 verwiesen werden. Diese Struktur kann durch Lithographie und Ätztechniken, die bekannt sind, wie folgt hergestellt werden:

Auf die Oberfläche 3 des unstrukturierten Körpers 1 wird eine Fotolackschicht, beispielsweise ca. 120 nm des Lackes AZ1815 der Firma Clariant aufgebracht. Die erste Einformungsstruktur 5_1 wird in die Fotolackschicht mittels Nahfeldholographie (NFH), mittels Zweistrahlholographie oder mittels Maskenbelichtung üblicher Art belichtet. Die geeignete Belichtungstechnik wird selbstverständlich

P200620

- 20 -

entsprechend der Grösse der Gitterperioden d_{01} gewählt. Für sehr kurze Gitterperioden d_{01} beispielsweise von 360nm, werden bevorzugterweise holographische Belichtungsmethoden eingesetzt, insbesondere Nahfeldholographie (NFH), wie

5 beispielsweise in WO 01/55760 beschrieben.

Nach der Belichtung wird die Körperoberfläche 3 bezüglich Belichtungsquelle um den Winkel φ (siehe Fig. 2) gedreht, und es erfolgt die Belichtung gemäss der Struktur der zweiten Einformungen 5_2 .

10 Nach dieser zweiten Belichtung wird der Fotolack entwickelt, und durch einen anschliessenden Ätzprozess werden die nach dem Belichtungsprozess freigelegten Oberflächenpartien entsprechend 5_1 , 5_2 gleichzeitig weggeätzt. Danach wird der verbleibende Fotolack entfernt,

15 z.B. mittels eines Sauerstoffplasmas.

Die in Fig. 2 dargestellte Struktur mit $d_{T1} = d_{T2}$ ergibt sich mithin durch gleichzeitiges Ätzen beider Einformungsstrukturen 5_1 , 5_2 .

Anhand von Fig. 5 soll ein weiteres bevorzugtes

20 erfindungsgemässes Lichtkoppellement der in Fig. 2 dargestellten Art erläutert werden. Dabei ergibt sich eine Struktur mit drei Tiefen-Niveaus der Einformungsbereiche 5_1 , 5_2 . Hierzu wird wie folgt vorgegangen: Nach Belackten und Belichten der ersten Einformungsstruktur 5_1 wird der

25 Fotolack entwickelt und das erste Liniengitter mit der Tiefe d_{T1} geätzt. Daraufhin wird der Körper 1 um den Winkel φ gedreht, die Oberfläche wiederum belackt, belichtet,

entwickelt und die zweite Einformungsstruktur 5_2 mit der Tiefe d_{T2} geätzt. Aufgrund der Tatsache, dass bei diesem Vorgehen die beiden Einformungsstrukturen 5_1 und 5_2 separat geätzt werden, ergibt sich die Möglichkeit, die geätzten Tiefen d_{T1} und d_{T2} unterschiedlich zu wählen. In Fig. 5 ist in Aufsicht die resultierende Lichtkoppелеlementstruktur dargestellt, vorerst für den allgemeinen Fall, dass die beiden Ätztiefen bzw. die Tiefen der Einformungen d_{T1} und d_{T2} ungleich sind. Dabei bezeichnen die nicht schraffierten Felder Strukturelemente auf dem ursprünglichen Niveau der nicht strukturierten Oberfläche also Ausformungsinseln 7 gemäss Fig. 2. Die einfach schraffierten Strukturbereiche haben die jeweils eingetragenen Tiefen, also entweder d_{T2} oder d_{T1} . Bei den doppelt schraffierten Strukturbereichen addieren sich die Tiefen d_{T1} und d_{T2} . Es ergibt sich mithin eine Oberflächenstruktur mit drei Struktur-tiefen-Niveaus d_{T1} , d_{T2} , $d_{T1} + d_{T2}$. Wird dabei durch entsprechende Bemessung beispielsweise der Ätzzeiten gewählt $d_{T1} = d_{T2}$, so reduziert sich die Niveauezahl von 3 auf 2, nämlich auf die Tiefen $d_{T1} = d_{T2}$ und $2d_{T1} = 2d_{T2}$.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass das Lichtkoppелеlement in den Varianten nach Fig. 5 eine weiter ganz massgeblich vergrösserte spezifische Oberfläche aufweist, womit der oben erläuterte Effekt bezüglich Tropfenlokalisation noch verstärkt ausgenützt wird.

Betrachten wir nun das anhand von Fig. 3 dargestellte erfindungsgemässe Lichtkoppелеlement, so ist ersichtlich, dass dort die Einformungsinseln 5 mit einer entsprechenden Photolack- und Ätztechnik praktisch als Sacklöcher geätzt

- 22 -

werden können und dass auch dort ggf. Einformungen 5 auf unterschiedlichen Niveaus ihrer Tiefe realisiert werden können.

5 Zudem ist es bei der Ausführungsform gemäss Fig. 3 durchaus möglich, auch die linienförmigen Ausformungen 7_1 bzw. 7_2 mit Tiefenstufen zu realisieren, falls das erwünscht ist.

10 Während bei der Ausführungsform gemäss Fig. 2 die verbleibenden Ausformungsinseln 7 bevorzugterweise und insbesondere fertigungsbedingt in Aufsicht rhomboidförmig, rombusförmig, rechteckig oder quadratisch sein können, können aufgrund der unterschiedlichen Fertigungstechniken die Einformungsinseln 5 bei der Ausführungsform gemäss Fig. 3 im Grunde genommen in Aufsicht beliebig geformt sein, hinzukommend zu den im Zusammenhang mit Fig. 2 erläuterten 15 Formen also insbesondere auch kreisförmig oder elliptisch sein.

Anhand der Fig. 2 bis 5 wurde ein erfindungsgemässes Lichtkoppелеlement dargestellt, bei welchem lediglich die Oberfläche eines Körpers 1 strukturiert ist. Dabei kann der 20 die Oberfläche 3 definierende Körper bevorzugterweise eine auf einen Träger aufgebrachte Schicht sein, wie insbesondere eine wellenleitende Schicht, beispielsweise aus Ta_2O_5 . Es ist nochmals zu betonen, dass auch bei unterschiedlichen Gitterperioden d_{01} , d_{02} und/oder Duty 25 Cyclen diese Unterschiedlichkeit nicht zur Berücksichtigung von zwei Lichtwellenlängen vorgesehen ist, sondern, um - wie anhand von Fig. 1 und 2 erläutert wurde - auch bei Schiefwinkligkeit der - $\varphi \neq 90^\circ$ - erfindungsgemäss

- 23 -

vorgesehenen Strukturen auf die Komponenten von Lichtvektorgrossen, wie insbesondere auf die Polarisierung, jeweils gezielt einzuwirken.

Daraus ist nun ersichtlich, dass in einer weitaus

5 bevorzugten Ausführungsform gewählt wird:

$\varphi = 90^\circ$ und gleichzeitig:

$$d_{01} = d_{02},$$

$$d_{51} = d_{52} \text{ bzw. } d_{71} = d_{72}.$$

Dadurch wird auch das Fertigungsverfahren, insbesondere für die Form nach Fig. 2, massgeblich vereinfacht.

Insbesondere mit Blick auf ein Lichtkoppellement, auch für Mikrotiterplatten, es sei hierzu auf die WO 01/55760

hingewiesen, aber insbesondere zur Ausnützung evaneszenter elektromagnetischer Felder für die Erfassung von mittels

15 Fluoreszenzmarkern versehenen Substanzen, wird der bis anhin erläuterte Körper 1 durch eine Schicht

hochbrechenden, für Laserlicht der gegebenen Wellenlänge transparentes Material realisiert, beispielsweise aus einem Metalloxid, wie aus Ta_2O_5 , TiO_2 , Nb_2O_5 , ZrO_2 , ZnO_2 , HfO_2 ,

20 dabei bevorzugt mit einer Dicke von 150 nm. Die Schicht wird dabei auf einem Träger z.B. aus Schott Desag AF45-Glas abgelegt, mit einer Schichtdicke d von beispielsweise 0,7 mm.

Die vorbeschriebenen Strukturierungsverfahren werden nun nicht an der Oberfläche der Schicht 1 vorgenommen, sondern es werden die anhand der Fig. 2 bis 5 dargestellte

P200620

- 24 -

Strukturen an der Oberfläche des Trägers eingearbeitet.
Danach wird die Oberfläche des Trägers mit der Schicht 1 beschichtet, und es bildet sich die auf der Oberfläche des Trägers aufgebraute, erfindungsgemässe Struktur an die
5 Oberfläche 3 der abgelegten Schicht 1 ab. Es resultiert bei einer Struktur nach Fig. 2, mit $\varphi = 90^\circ$, $d_{T1} = d_{T2}$ und gleichzeitigem Ätzen der Einformungen das anhand von Fig. 6 dargestellte Lichtkoppellement mit Träger 15 gemäss Ausführungsform von Fig. 2 strukturierter Trägeroberfläche
10 15₀, der darauf aufgebrauten Schichten 1a mit strukturierter Oberfläche 3a.

Das Material der Schicht 1a hat dabei einen grösseren Brechungsindex als das Material des Trägers 15, was bei Glas und einem der erwähnten Schichtmaterialien, wie
15 insbesondere Ta₂O₅ erfüllt ist.

In Fig. 7 ist auf einem Träger 15 in die Schicht 1a eine Struktur gemäss der Ausführungsform von Fig. 3 eingearbeitet, mit kreisförmigen Einformungsinseln 5.

Mit dem erfindungsgemässen Lichtkoppellement in all den
20 dargestellten Ausführungsformen wird ein Element bereitgestellt, welches auf vektorielle Lichtgrössen wirkt, im wesentlichen unabhängig von der Vektorrichtung. Zusätzlich wird der Vorteil erwirkt, dass sich bei Beaufschlagung der erfindungsgemäss strukturierten
25 Oberfläche mit Flüssigkeitstropfen, aufgrund der spezifischen Oberflächenvergrösserung, eine Konzentration der Flüssigkeitstropfen auf klar definierte Bereiche ergibt, was eine dichte Beaufschlagung des

- 25 -

Lichtkoppel-elementes mit Flüssigproben ermöglicht. Das erfindungsgemässe Lichtkoppel-element kann für alle bekannten optischen Analysemethoden, insbesondere auch unter Ausnützung des evaneszenten Feldes, zur Untersuchung

- 5 Fluoreszenz-markierter Substanzen ausgenützt werden, aber auch zum Ein- und Auskoppeln von Licht, insbesondere Laserlicht, aus bzw. in wellenleitende Schichten, sei dies wiederum unter dem Aspekt der optischen Analysetechnik oder im Rahmen der Nachrichtentechnik.

10

10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180

Patentansprüche:

1. Lichtkoppellement mit einer Oberfläche (3) aus einem Material, welches für Licht einer gegebenen Wellenlänge (λ) transparent ist, wobei in mindestens einem Bereich der Oberfläche (3) äquidistant parallele, linienförmige Einformungen (5_1) vorhanden sind, dadurch gekennzeichnet, dass an der Oberfläche (3) weitere äquidistant parallele, linienförmige Einformungen (5_2) vorhanden sind, die die ersterwähnten kreuzen (ϕ).
- 5 10 2. Lichtkoppellement mit einer Oberfläche (3) aus einem Material, welches für Licht einer gegebenen Wellenlänge (λ) transparent ist, wobei in mindestens einem Bereich der Oberfläche (3) äquidistant parallele, linienförmige Ausformungen (7_1) vorhanden sind, dadurch gekennzeichnet, dass an der Oberfläche (3) weitere äquidistant parallele, linienförmige Ausformungen (7_2) vorhanden sind, die die ersterwähnten kreuzen (ϕ).
- 15 20 3. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass daran vorgesehene, zwischen den Ausformungen ($7, 7_1, 7_2$) definierte Einformungen ($5_1, 5_2, 5$) mit drei Tiefen-Niveaus ($d_{T1}, d_{T2}, d_{T1} + d_{T2}$) ausgebildet sind.
- 25 4. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den vorgesehenen Ausformungen ($7, 7_1, 7_2$) gelegene Einformungen ($5, 5_1, 5_2$) im wesentlichen gleich tief sind.

- 27 -

5. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die vorhandenen linienförmigen Einformungen (5_1 , 5_2) bzw. Ausformungen (7_1 , 7_2) linear sind.

5 6. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich die äquidistant parallelen, linienförmigen Einformungen (5_1 , 5_2) bzw. Ausformungen (7_1 , 7_2) rechtwinklig kreuzen und die Abstände (d_0) der vorhandenen, sich folgenden, äquidistant parallelen, linienförmigen Einformungen (5_1 , 5_2) bzw. Ausformungen (7_1 , 7_2) gleich sind.

10 7. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände (d_0) sich folgender äquidistant paralleler, linienförmiger Einformungen (5_1 , 5_2) bzw. äquidistant paralleler, linienförmiger Ausformungen (7_1 , 7_2) wie folgt gewählt sind:

$$200 \text{ nm} \leq d_0 \leq 20000 \text{ nm},$$

bevorzugterweise

20 $40 \text{ nm} \leq d_0 \leq 4000 \text{ nm},$

insbesondere

$$100 \text{ nm} \leq d_0 \leq 1200 \text{ nm}.$$

8. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände (d_0) sich
25 folgender äquidistant paralleler, linienförmiger

P200620

- 28 -

Einformungen (5_1 , 5_2) bzw. äquidistant paralleler, linienförmiger Ausformungen (7_1 , 7_2), bezogen auf die gegebene Wellenlänge λ an Luft wie folgt gewählt sind:

$$0,1 \lambda \leq d_0 \leq 10 \lambda$$

5 bevorzugt

$$0,2 \lambda \leq d_0 \leq 2 \lambda$$

insbesondere bevorzugt

$$0,5 \lambda \leq d_0 \leq 0,6 \lambda.$$

9. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefe d_T der vorgesehenen Einformungen 0,2 nm bis 20000 nm beträgt, bevorzugt 10 nm bis 400 nm.

10. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefe d_T der vorgesehenen Einformungen bezogen auf die gegebene Wellenlänge λ an Luft wie folgt gewählt wird:

$$0,001 \lambda \leq d_T \leq 10 \lambda$$

bevorzugt

$$0,01 \lambda \leq d_T \leq \lambda$$

20 insbesondere bevorzugt

$$0,05 \lambda \leq d_T \leq 0,2 \lambda.$$

P200620

- 29 -

11. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass der Duty Cycle, definiert als
Verhältnis von Ausformungsbreite zu Abstand sich folgender
linienförmiger Einformungen bzw. Ausformungen zu 0,2 bis
5 0,8 gewählt ist, insbesondere bevorzugt zu 0,4 bis 0,6.
12. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche (3) die
Oberfläche eines Schichtsystems (1a) mit mindestens einer
Schicht ist, welches auf einem Träger (15) aufgebracht ist.
- 10 13. Lichtkoppellement nach Anspruch 12, dadurch
gekennzeichnet, dass die Oberfläche des Trägers (15) im
Bereich die gleiche Einformungs-/Ausformungs-Struktur hat
wie die Oberfläche des Schichtsystems (1a) und, in
Aufsicht, die Strukturen aufeinander ausgerichtet sind.
- 15 14. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 12 oder
13, dadurch gekennzeichnet, dass das Material des Trägers
(15) einen Brechungsindex für das Licht der gegebenen
Wellenlänge (λ) hat, der tiefer ist als der Brechungsindex
eines Schichtmaterials des Schichtsystems.
- 20 15. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem mindestens
eine Schicht aus einem hochbrechenden Material,
vorzugsweise aus mindestens einem der folgenden Materialien
hat:
- 25 Ta_2O_5 , TaO_2 , NbO_5 , ZrO_2 , ZnO , HfO_2 .

P200620

- 30 -

16. Lichtkoppelement nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem eine Dicke d_s hat von

2 nm bis 20000 nm,

5 bevorzugt von

20 nm bis 4000 nm,

insbesondere von

40 nm bis 600 nm,

bevorzugterweise von

10 $d_s = 150$ nm.

17. Lichtkoppelement nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Schichtsystem bezogen auf die gegebene Wellenlänge λ an Luft eine Dicke d_s hat, für die, bezogen auf die gegebene Wellenlänge λ , an Luft gilt:

15 $0,01 \lambda \leq d_s \leq 10 \lambda$

bevorzugt

$0,01 \lambda \leq d_s \leq 2 \lambda$

insbesondere bevorzugt

$0,2 \lambda \leq d_s \leq 0,3 \lambda$.

20 18. Lichtkoppelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen den äquidistant

P200620

- 31 -

parallelen, linienförmigen Einformungen (5_1 , 5_2)
verbleibenden Ausformungen (7) oder die zwischen den
äquidistant parallelen, linienförmigen Ausformungen (7_1 ,
 7_2) verbleibenden Einformungen (5) in Aufsicht
5 rhomboidförmig, rombusförmig, rechteckförmig oder
quadratisch sind.

10 19. Lichtkoppellement nach einem der Ansprüche 2 oder 3
bis 16, sofern von Anspruch 2 abhängig, dadurch
gekennzeichnet, dass die zwischen den parallelen,
linienförmigen Ausformungen (7_1 , 7_2) vorhandenen
Einformungen (5) in Aufsicht kreisförmig oder elliptisch
sind.

15 20. Verwendung des Lichtkoppellementes nach einem der
Ansprüche 1 bis 19 an einer optischen Analyseplattform für
Substanzenanalyse.

21. Verwendung des Lichtkoppellementes nach einem der
Ansprüche 1 bis 19 für nachrichtentechnische
Datenübertragung.

20 22. Verfahren zur Realisation von
Polarisationsunabhängigkeit, mittels welcher ein
Lichtkoppellement mit einem Oberflächengitter auf
einfallendes Licht gegebener Wellenlänge wirkt, dadurch
gekennzeichnet, dass man das Oberflächengitter
zweidimensional an der Oberfläche so ausbildet, dass
25 orthogonale Polarisationsvektorkomponenten gleichermassen
durch das Gitter beeinflusst werden.

5

[illegible]

- 33 -

Zusammenfassung

Es wird ein Lichtkoppellement vorgeschlagen mit einer Oberfläche (3) aus einem Material, welches für Licht einer gegebenen Wellenlänge (λ) transparent ist. Damit das Lichtkoppellement unabhängig von der Richtung vektorieller Grössen des Lichtes, wie insbesondere der Polarisierung, wirkt, werden an der Oberfläche des Lichtkoppellementes linienförmige Ein- oder Ausformungen (5_1 , 5_2) vorgesehen, die äquidistant parallel sind, und die sich unter vorgegebenen Winkel (φ) kreuzen.

(Fig. 2)